

XXXII. Ueber Krystalle von Thorium.

Von

W. C. Brögger in Stockholm.

(Hierzu Taf. VIII, Fig. 3—5.)

Das Material der vorliegenden Untersuchung wurde mir von Herrn Professor Dr. L. F. Nilson in Upsala anvertraut.

Die empfangene Quantität des zum ersten Male in bestimmbarⁿ Krystallen dargestellten Metalls*) war nicht sehr bedeutend, ungefähr 0,05 g; es sah wie ein feines, graues, hier und da stark metallisch glänzendes Pulver aus. Unter dem Mikroskop zeigte sich, dass die meisten Körner als dünne Bleche, durchschnittlich 0,0004—0,0002 g schwer, ausgebildet sind. Diese im Allgemeinen stark gekrümmten Bleche bilden nun theils scheinbar unregelmässige, flachgedrückte, blumenkohlartig verzweigte Aggregate unzähliger kleiner Individuen, theils auch regelmässige Krystallverwachsungen. Aus der gesammten Menge, ungefähr 150—200 Stücken, wurden unter dem Mikroskop bei circa 70facher Vergrösserung die fünf für krystallographische Messungen geeignetsten Bleche ausgelesen, und an diesen die folgenden Beobachtungen gemacht.

Zuerst zeigte sich jedes Blättchen aus zahlreichen, über kleinere oder grössere Partien mit parallelen Axensystemen angeordneten, scheinbar hexagonalen Tafeln aufgebaut; die hexagonale Basis, nach welcher die Einzelkryställchen tafelartig waren, bildet dann auch die Blechebene, an den Seiten tritt als schmale Abstumpfung eine scheinbar hexagonale Pyramide oder bei genauerer Betrachtung zwei Rhomboëder, ein + und ein — auf. Diese Bauelemente der Bleche liegen nun theils, bisweilen in mehreren Schichten, über einander, theils in paralleler Orientirung, grössere und kleinere, der Blechebene parallel, neben einander, wobei zwischen den Einzelindividuen durch die scharf eingeritzten Rinnen der scheinbaren

*) Siehe L. F. Nilson: »Ueber metallisches Thorium«. Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. 1882, 15, 2537.

Rhomboëderflächen die Grenzen gut markirt sind. Die grössten Einzelkrystalle wurden zu circa 0,15 mm Breite bei circa 0,045 mm Dicke gemessen; die meisten sind aber viel kleiner. Was die Flächenbeschaffenheit betrifft, so ist die scheinbare Basis oft wie zerfressen (was bisweilen auch in ähnlicher Weise mit den Seitenflächen der Fall ist) und mit dünnen, zierlichen, noch kleineren Individuen in paralleler Verwachsung bedeckt. Häufig liegt die mittlere Partie der scheinbaren Basis etwas tiefer als die Randpartie und ist von dieser durch eine oder mehrere der Umgrenzung der Tafeln parallele Rinnen getrennt (s. Fig. 5 C). An einigen Individuen sind die Flächen ausgezeichnet eben, stark metallisch glänzend und insofern für genaue Messungen gut geeignet.

Zuerst wurden nun die ebenen Winkel der Kantenlinien der scheinbaren Rhomboëderflächen mit der Basis an ein Paar kleinen, aber sehr scharf ausgebildeten Krystallen auf einem Fuess'schen Mikroskop mittels des genau centrirten, eingetheilten, drehbaren Tisches bei circa 400facher Vergrösserung gemessen. Die Werthe waren ringsherum für alle sechs Winkel 60° oder nahe bei 60° . Es wurde nun an demselben Blättchen (I), nachdem ein Theil der gekrümmten Blechebene soweit möglich mit Wachs abgeblendet war, versuchsweise auf einem Websky'schen Goniometer, unter Benutzung des Oculars δ^* , der Winkel der scheinbaren Basis zu einer der schmalen abstumpfenden Rhomboëderflächen gemessen. Nach mehrmaliger vergeblicher Einstellung, welche wegen der Kleinheit der Krystalle, die nicht einmal mit der Lupe sichtbar waren, nur nach der Erinnerung der Orientirung unter dem Mikroskop vorgenommen werden konnte, gelang es eine Kante einer der betreffenden Zonen vertical und parallel der Drehungsaxe des Goniometers einzustellen und durch Drehen des Messungskreises deutliche Reflexbilder der kleinen aber gut glänzenden Flächen zu erhalten.

Es wurde gemessen :

$$70^{\circ} 27'.$$

An der Rückseite des Blättchens wurde der Supplementwinkel weniger gut wegen fehlender Abblendung der gekrümmten Blechebene gemessen zu :

$$(110^{\circ} 22').$$

An einem zweiten Blättchen (IV) wurde gemessen :

$$70^{\circ} 3'.$$

Wenn nun in Betracht gezogen wird die Krümmung der Blechebene und die geringe Ausdehnung der scheinbaren Rhomboëderflächen (höchstens 0,04 mm breit), ferner die schwierige und gewiss nicht genaue Ein-

*) Siehe M. Websky: »Ueber Einrichtung und Gebrauch der von R. Fuess in Berlin nach dem System Babinet gebauten Reflexionsgoniometer, Modell II«. Diese Zeitschrift 4, 550.

stellung, so scheinen diese Messungen auf den Winkel $o : o' = 70^\circ 32'$ hinzuweisen.

Es musste jetzt also untersucht werden, ob die auftretende, scheinbar hexagonale Combination sich vielleicht als eine reguläre herausstellen würde. Für diesen Zweck mussten also an der scheinbaren hexagonalen Tafel mehrere aneinander stossende unabhängige Zonen der Basis zu den Flächen der beiden scheinbaren Rhomboëder gemessen werden. Da es sich jedoch, wegen der ausserordentlich geringen Grösse und innigen Verwachsung der Krystalle, als unmöglich erwies, die Orientirung der verschiedenen Zonen an dem Websky'schen Goniometer durchzuführen, wurden diese Messungen versuchsweise an dem grossen Fuess'schen Mikroskop mittelst des den neueren Exemplaren dieses Instruments beigefügten halben verticalen Goniometerkreises ausgeführt*). Die dabei erhaltenen Messungen waren zwar nur Schimmermessungen; es zeigten sich aber bei genauer Einstellung — welche allerdings ziemlich zeitraubend war, weil sie grösstentheils aus freier Hand ausgeführt werden musste — wenn nur ganz kleine, scharf glänzende Krystalle für die Messung ausgewählt wurden, bei hellem Wetter die möglichen Fehlergrenzen recht eng, und es wurden bei Wiederholung der Messungen nahe übereinstimmende Resultate erhalten, welche jedenfalls für den vorliegenden Zweck als hinreichend genau angesehen werden dürfen.

Am Blättchen Nr. II wurde in einem aus der Ecke frei herausragenden Kryställchen (Fig. 3) gemessen:

$$o : a = 54^\circ 45'$$

$$o : o' = 70^\circ 45'.$$

Am Blättchen Nr. III wurden zwei verschiedene Gruppen gemessen; an der ersteren (Fig. 4), in welcher wir einen linken Krystall *A* und einen rechten *B* haben, ergab sich:

*) Dieser ist eigentlich für einen kleinen Schneider'schen Axenwinkelapparat eingerichtet, natürlich aber auch für goniometrische Zwecke brauchbar. In der plattenförmigen Fortsetzung der dicken, horizontalen Axe dieses halben Goniometerkreises, welcher mit Ablesung durch Nonius auf je 5 Minuten versehen ist, und senkrecht am drehbaren und centrirbaren Objecttische an der Seite desselben angebracht werden kann, ist nämlich gerade über der Mitte des Objecttisches ein kreisförmiger Einschnitt (und theilweise Durchbohrung), in welchem eine kleine als Krystallträger dienende Scheibe eingefasst werden kann. Diese Scheibe ist in ihrer Fassung drehbar um eine gedachte Axe senkrecht auf der Goniometeraxe. — Diese goniometrische Vorrichtung könnte durch Anbringen eines kleinen Centrir- und Justirapparats, durch Anschrauben eines Beleuchtungsfernrohrs etc. gewiss mehrere Verbesserungen erfahren und würde dann als ein Goniometer für freie mikroskopisch kleine Krystalle ein nützlicher Apparat sein.

An *A*:

$$\begin{aligned} a : a' &= 89^{\circ} 45' \\ o : a &= 55 \quad 15 \\ o : a' &= 52^{\circ} - 53^{\circ} \\ o : \underline{o}' &= 70 \quad 45'. \end{aligned}$$

An *B*:

$$\underline{o} : \underline{o}' = 70 \quad 30.$$

An der zweiten Gruppe des Blättchens Nr. III (Fig. 5) wurde gemessen; an *C*:

$$\begin{aligned} o : o' &= 70^{\circ} 20' \\ o : a &= 54 \quad 25 \\ \underline{o}' : \underline{a}' &= 55 \quad 15. \end{aligned}$$

An *D*:

$$\begin{aligned} o : a &= 54^{\circ} 40' \\ \underline{o}'' : \underline{a}'^*) &= \text{ca. } 52^{\circ}. \end{aligned}$$

Ausser den bisher angeführten Messungen wurden noch an mehreren Blättchen damit im Wesentlichen übereinstimmende Resultate erhalten.

Die abgelesenen Bogenwerthe weisen ganz bestimmt auf die Winkel $70^{\circ} 32'$ zweier Oktaëderflächen, 90° zweier Würfelflächen, und $54^{\circ} 44'$ einer Oktaëderfläche zum Würfel, hin. Da andere Winkelwerthe als solche, welche auf diese Zahlen hinweisen, nicht gefunden wurden, scheint es überaus wahrscheinlich, dass die Krystalle von Thorium regulär sind, und dass die untersuchten Krystalle lediglich Combinationen von Oktaëder und Würfel darstellen.

Die Krystalle *C* und *D* (Fig. 5) zeigen, dass die Blättchen wenigstens zum Theil (es scheint grösstentheils) aus Zwillingen nach einer der Blechebene parallelen Oktaëderfläche zusammengesetzt sind. An Fig. 4, welche wie die übrigen Figuren in gerader Projection auf die der Blechebene parallele Oktaëderfläche *o* gezeichnet ist, sehen wir in *A* einen Zwilling nach einer Oktaëderfläche, welche mit der Blechebene $70^{\circ} 32'$ bildet. Der Krystall *B* ist relativ zu dem oberen Individ von *A* in Zwillingsstellung nach einer der Blechebene parallelen Oktaëderfläche (oder symmetrisch zu einer Ebene von 202) gezeichnet. Die weitere Untersuchung zeigte aber, dass dies nicht richtig war; denn, während die Flächen *o*, *a*, \underline{o} , \underline{o}' zwar in einer Zone liegen, ist die Fläche *o* der Fläche \underline{o} nicht parallel, sondern bildet nach der zwar ungenauen Messung einen einspringenden Winkel von $\div 15-20^{\circ}$ mit derselben. Wenn dieser Winkel $\div 15^{\circ} 47'$ gewesen wäre, so würden die beiden Individuen *A* (oben) und *B* also so in Bezug auf einander orientirt sein, dass die Flächen *a* und \underline{o}' in der Zone *o a o' o'* parallel sein würden.

*) Die zwei schmalen Seitenflächen unten.

Die Zwillingsbildung spricht auch noch entschieden für das reguläre System; denn die Gruppe A, Fig. 4, ist am Blättchen Nr. III mit der nahe liegenden Gruppe Fig. 5 parallel orientirt, was aus der gleichzeitigen Spiegelung zu sehen ist; es müssten somit, wenn die Krystalle rhomboëdrisch wären, gleichzeitig zwei Zwillingsgesetze: Zwillingsaxe die Normale auf o (OP) und Zwillingsaxe die Normale auf o' (eine Rhomboëderfläche) angenommen werden. Dieser Umstand in Verbindung mit den Messungen kann wohl keinen Zweifel darüber übrig lassen, dass das Thorium in der That regulär ist.

Dem Zwillings A, Fig. 4, entsprechend sind auf den Blättchen bisweilen auch kleine, kammartig aufragende Züge kleiner Bleche, mit irgend einer der drei die Hauptblechebene unter $70^{\circ} 32'$ schneidenden Oktaëderebenen als Blechebene zu sehen.

In dem Thorium haben wir also ein neues Beispiel dafür, dass die Blechbildung der in dem regulären System krystallisirenden Metalle, wie Gold, Silber, Kupfer, Legirung von Blei und Silber etc., mit Zwillingsbildung nach einer als Blechebene auftretenden Zwillingsfläche von o verbunden ist.

Das Thorium bietet durch seine Krystallisation in dem regulären System eine Analogie mit dem vierwerthigen Silicium dar. Mit Kohlenstoff, das ebenso vierwerthig ist und in dem regulären System krystallisirt, dürfen wir wohl vorläufig keine Analogie finden, weil der Diamant vielleicht tetraëdrisch-hemiëdrisch ist und auch sonst in physikalischer Beziehung mit dem rein metallisch aussehendem Thorium keine Aehnlichkeit darbietet.